VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

P9-2001-194

А.С.Ворожцов, С.Б.Ворожцов, Ю.Г.Аленицкий,
Н.Л.Заплатин, Л.М.Онищенко, А.А.Глазов

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЦИКЛОТРОНА-ИНЖЕКТОРА ДЛЯ ФАЗОТРОНА **ОИЯИ**

Введение

Для преодоления ограничений на предельную интенсивность в центральной зоне фазотрона ОИЯИ был предложен способ увеличения интенсивности протонного пучка до ~ 50 мкА путем внешней инжекции и последовательной двухступенчатой перезарядки пучка H^- сначала в H^0, а затем в H^+, [1] ÷ [2].

В качестве одного из вариантов инжектора рассматривается сильноточный циклотрон на энергию H^- ~ 5 МэВ, интенсивностью выведенного пучка 10 мА÷50 мА и соответствующего радиального качества (20π· мм· мрад), [3].

Целью данной работы является формирование карты магнитного поля в медианной плоскости ускорителя (рабочий диапазон радиусов) для последующего анализа динамики пучка установки.

Исходные данные для расчета

Для характеристики магнитной системы использовался в качестве отправной точки набор параметров магнита циклотрона, описанного в работе [4]. Однако в связи с трудностями реализации системы инжекции было принято решение снизить уровень магнитного поля циклотрона и использовать ускорение на 8-й гармонике ВЧ. Кроме того, в новом наборе параметров была предпринята попытка поднять значение флаттера магнитного поля по сравнению с предыдущей структурой с тем, чтобы обеспечить значение аксиальной частоты бетатронных колебаний Qz на уровне 1,4. Необходимость столь большого значения Qz диктуется повышенной интенсивностью пучка циклотрона и связанной с этими эффектами пространственного заряда частиц [5]. В рассматриваемой структуре были также учтены конструктивные особенности рассматриваемого ускорителя.

Соответствующие новые значения параметров для этого варианта приведены в таблице. Схематическое расположение основных структурных элементов ускорителя дано на Рис. 1, где показаны: Δ-электрод (угловой размер соответствует средним линиям в ускоряющих промежутках), обмотка, полюс магнита, вертикальное ярмо магнита.

Параметры

Параметр	Значение	Единицы измерения
Число секторов	4	
Угловая протяженность сектора	24	град
Межполюсный зазор	30	мм
Радиальная протяженность полюса	18,8 ÷ 83,9	см
Среднее магнитное поле	0,414 ÷ 0,412	Тл
Флаттер	1,1 ÷ 1,9	
Количество ампервитков	37,4	кА×В

Результаты расчетов

Проведенные расчеты для структуры магнитной системы из работы [4] при угловом размере полюса = 30° показали, что не удается получить нужное значение флаттера F>1 в центральной области установки (Рис. 2 и 3).

В связи с этим для последующего варианта был уменьшен угловой размер полюса до = 24°. Остальные размеры этой структуры даны на Рис. 1. Расчеты для этого варианта магнитной системы циклотрона также показали, что нужное значение флаттера F>1 в центре все еще не обеспечивается (Рис. 4 и 5). Такой результат связан с достаточно большим потоком "выпучивания" через боковые поверхности полюса вблизи медианной плоскости (Рис. 6 и 7).

Для исключения этого эффекта токовые обмотки были установлены на уровне внутренней поверхности полюса. Соответствующие распределения магнитного поля для пространственной структуры магнита приведены на Рис. 8 и 9. Интегральные характеристики поля (среднее поле, флаттер) представлены на Рис. 10 и 11. Видно, что в новой структуре обеспечивается условие F>1 в центральной области установки.

Дальнейшее увеличение флаттера в этой зоне представляется возможным за счет уменьшения углового размера полюса. При этом также будет достигнуто нужное снижение среднего поля до его изохронного значения в центре.

Созданная таким образом расчетная карта после соответствующей изохронизации среднего поля использовалась в дальнейшем для анализа динамики пучка циклотрона [5].

В заключение авторы выражают глубокую признательность Е.М.Сыресину за инициализацию работы, обсуждение результатов и постоянную поддержку.

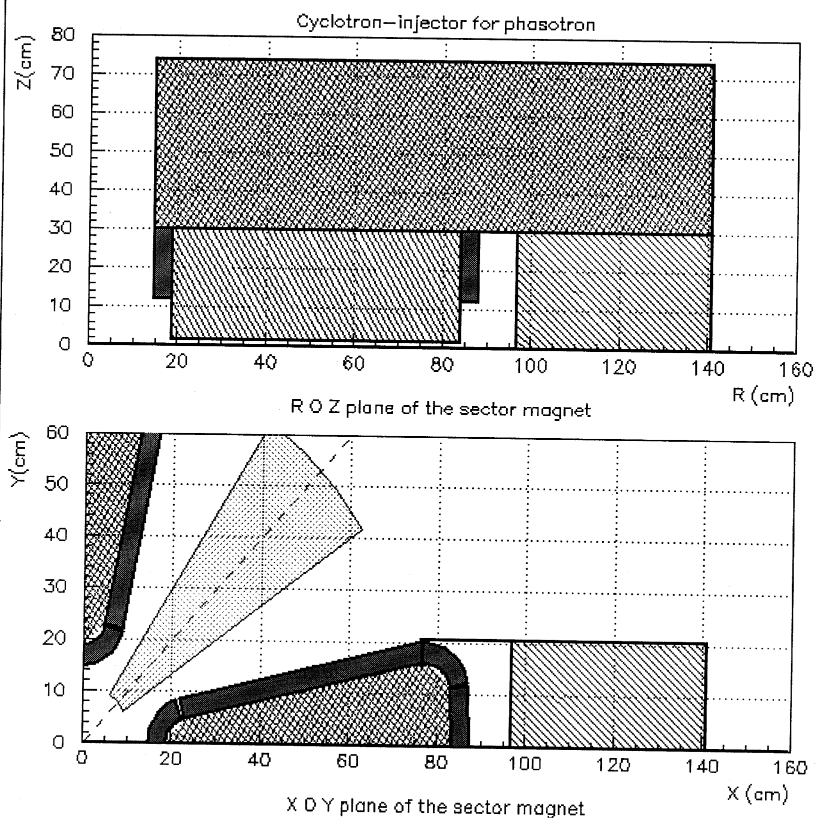


Рис. 1. Структура магнитной системы

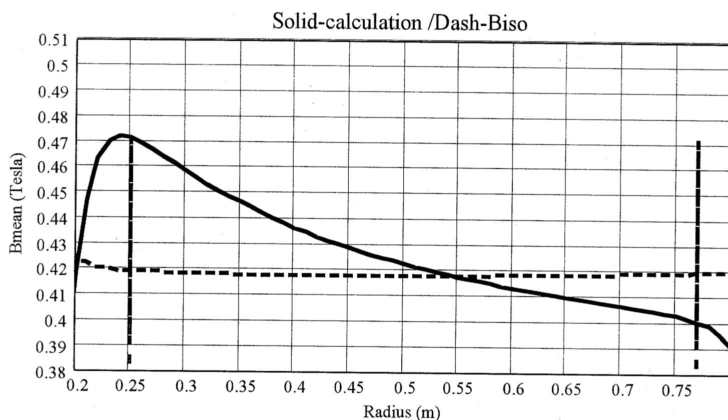


Рис. 2. Вариант 30° углового размера полюса. Среднее магнитное поле. Сплошная линия – расчет для заданной структуры магнита, пунктирная линия – изохронное поле для расчетного флаттера

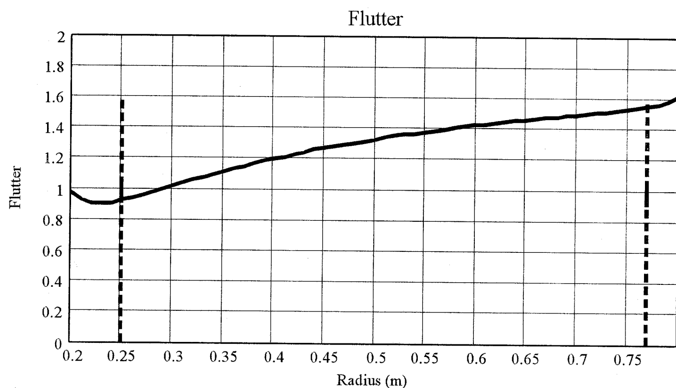


Рис. 3. Вариант 30° углового размера полюса. Флаттер магнитного поля

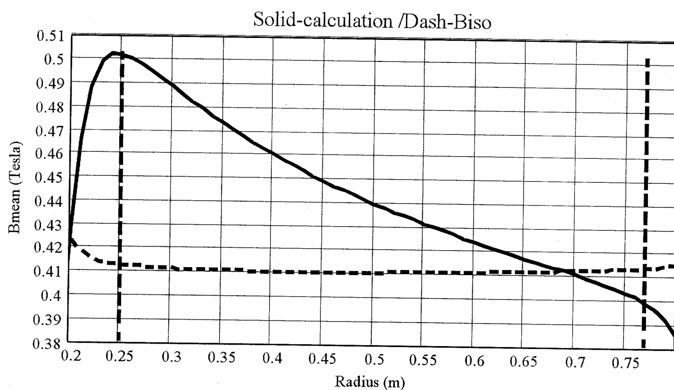


Рис. 4. Вариант 24° углового размера полюса. Среднее магнитное поле. Сплошная линия – расчет для заданной структуры магнита, пунктирная линия – изохронное поле для расчетного флаттера

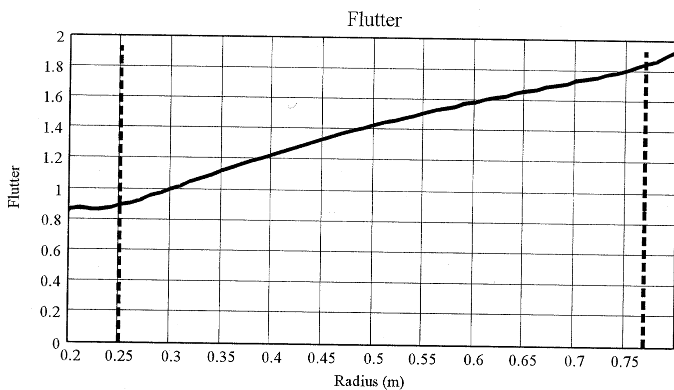


Рис. 5. Вариант 24° углового размера полюса. Флаттер магнитного поля

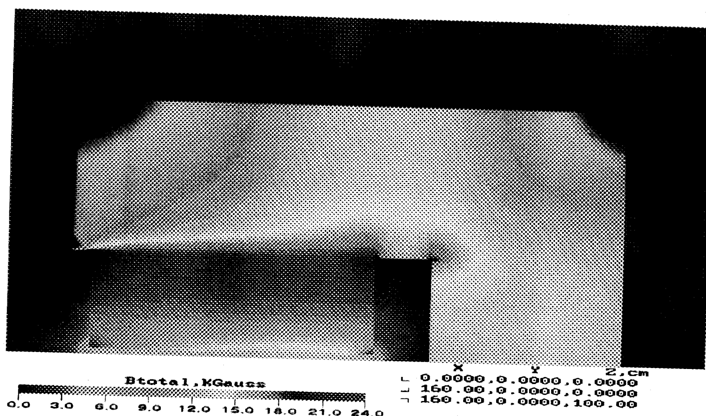


Рис. 6. Распределение магнитного поля в вертикальном сечении

вдоль секторного магнита

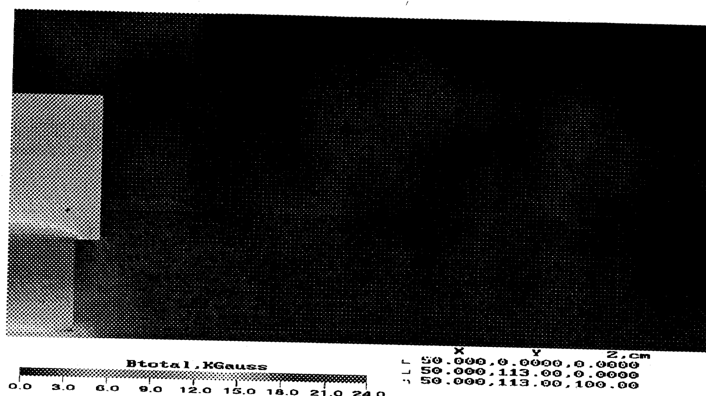


Рис. 7. Распределение магнитного поля в вертикальном сечении

поперек полюса секторного магнита

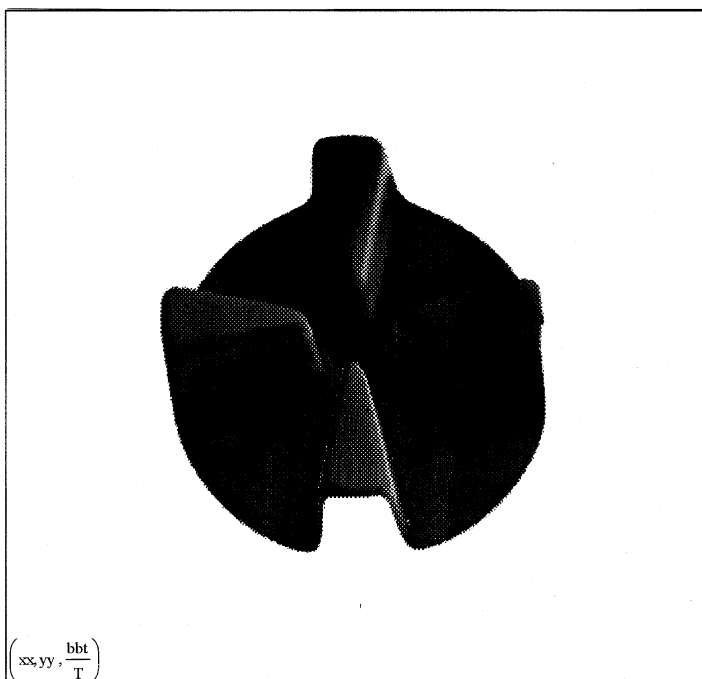
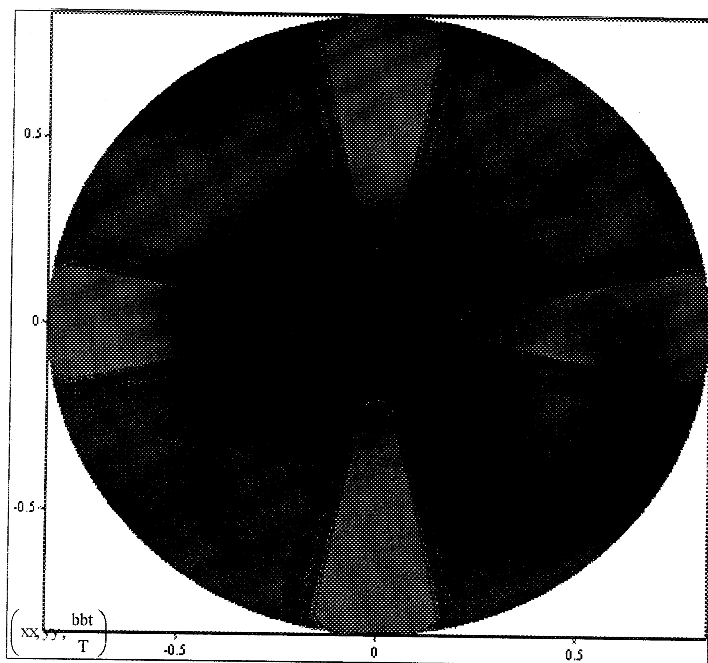


Рис. 8. Магнитное поле циклотрона



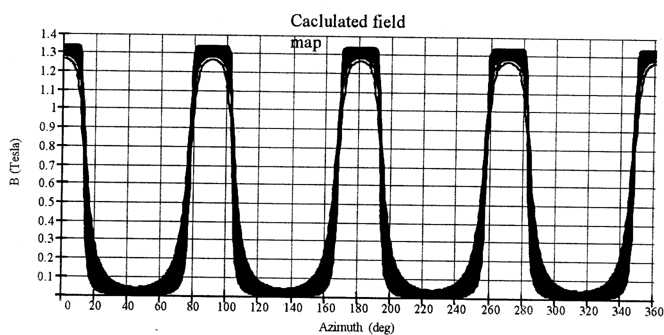


Рис. 9. Распределение магнитного поля по азимуту для различных радиусов

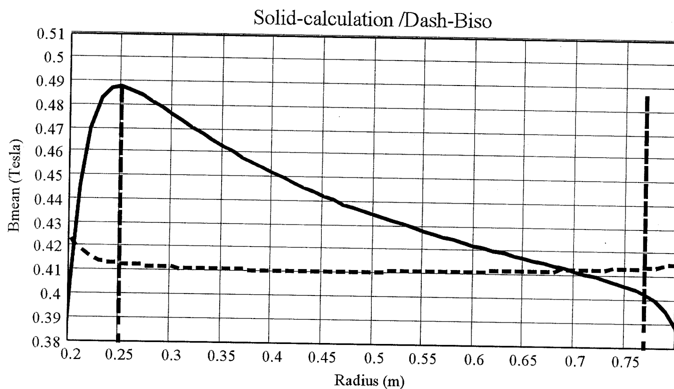


Рис. 10. Принятый вариант. Среднее магнитное поле. Сплошная линия – расчет для заданной структуры магнита, пунктирная линия – изохронное поле для расчетного флаттера

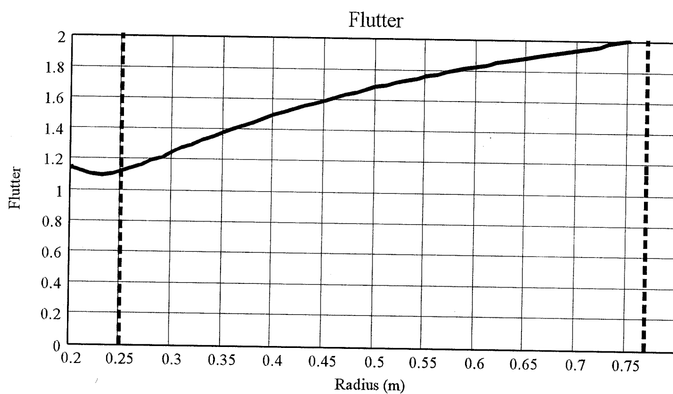


Рис. 11. Принятый вариант. Флаттер магнитного поля

Список литературы :

1 О.В. Савченко "Предложения по новому варианту внешней инжекции фазотрона ОИЯИ и возможностям его реализации". Внутренний отчет, Дубна, 26 ноября 1999г.
2 О.Н. Борисов, Л.М. Онищенко, ОИЯИ, Р9-97-282, Дубна,1997
3 L.Onischenko, O.Borisov. "External Injection into the JINR Phasotron – Computer Simulation". In: Proc.of the EPAC-2000, 7th European Particle Accelerator Conference, 26 – 30 June 2000, p.569.
4 А.С.Ворожцов, С.Б.Ворожцов, Л.М.Онищенко. "Расчет магнита циклотрона – инжектора для фазотрона ОИЯИ". Сообщение ОИЯИ, Р9-2000–116, ОИЯИ, Дубна, 2000.
5 А.С.Ворожцов и др. "Эффекты продольного пространственного заряда пучка в циклотроне-инжекторе для фазотрона ОИЯИ. ОИЯИ, Р9-2001-195, Дубна, 2001.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 сентября 2001 года.

Ворожцов А.С. и др. Р9-2001-194
Расчет магнитного поля циклотрона-инжектора
для фазотрона ОИЯИ

Одним из вариантов увеличения на порядок интенсивности протонного пучка фазотрона является внешняя инжекция частиц из секторного сильноточного циклотрона на энергию 3–5 МэВ. Целью данной работы является формирование карты магнитного поля в медианной плоскости ускорителя в пределах рабочего диапазона радиусов. Расчет магнитного поля для пространственной структуры магнита выполнялся при помощи программы расчета 3-мерных магнитных полей. В новом наборе параметров была предпринята попытка поднять значение флаттера магнитного поля по сравнению с предыдущей структурой с тем, чтобы обеспечить значение аксиальной частоты бетатронных колебаний на уровне 1,4. Созданная таким образом расчетная карта после соответствующей изохронизации среднего поля использовалась в дальнейшем для анализа динамики пучка циклотрона.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Vorojtsov A.S. et al. P9-2001-194
Magnetic Field Simulation for Cyclotron-Injector
of the JINR Phasotron

One of the methods for increasing the proton beam intensity in the JINR phasotron is an external particle injection from a high-current sector cyclotron for the proton energy of 3–5 MeV. The goal of the study was magnetic field shaping in the air-gap of the magnet within the range of the working radii. A 3D-magnetic field calculation code was used. An attempt to increase the flutter value as compared with the previous magnet structure to provide the axial betatron oscillation value at the level of 1.4 was made for the new set of the magnet parameters. After its isochronization, the thus produced field map was used for the beam dynamics analysis in the cyclotron.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор М.И.Зарубина. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 02.11.2001
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 0,7
Тираж 285. Заказ 52934. Цена 70 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области